

# Four Practical Lessons Learned from Multidisciplinary Projects

Concurrent Engineering Conference, CE2015—July 21<sup>st</sup> 2015, Delft, NL

Evelina Dineva, PhD  
Integrated Aircraft Design  
DLR e.V. (German Aerospace Center)



Knowledge for Tomorrow



# The Team



Björn Nagel



Uwe Knodt



Thomas Zill

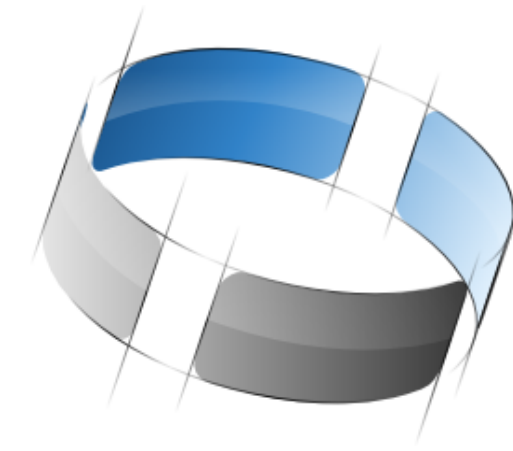




# Support & Founding



**iTALENT**



INTEGRATED  
**DESIGNLAB**



# Road Map

- the problem: towards a 3rd generation MDO
- empirical approach: semi-structured interviews
  - study 1: small batch, verbal reports—four projects A—D
  - study 2: more data on projects A—D, and on eight more project, E—L
- outlook: lessons learned—a promising method, needs to be extended and put into work





# Towards a 3<sup>rd</sup> Generation MDO

## [The Problem]



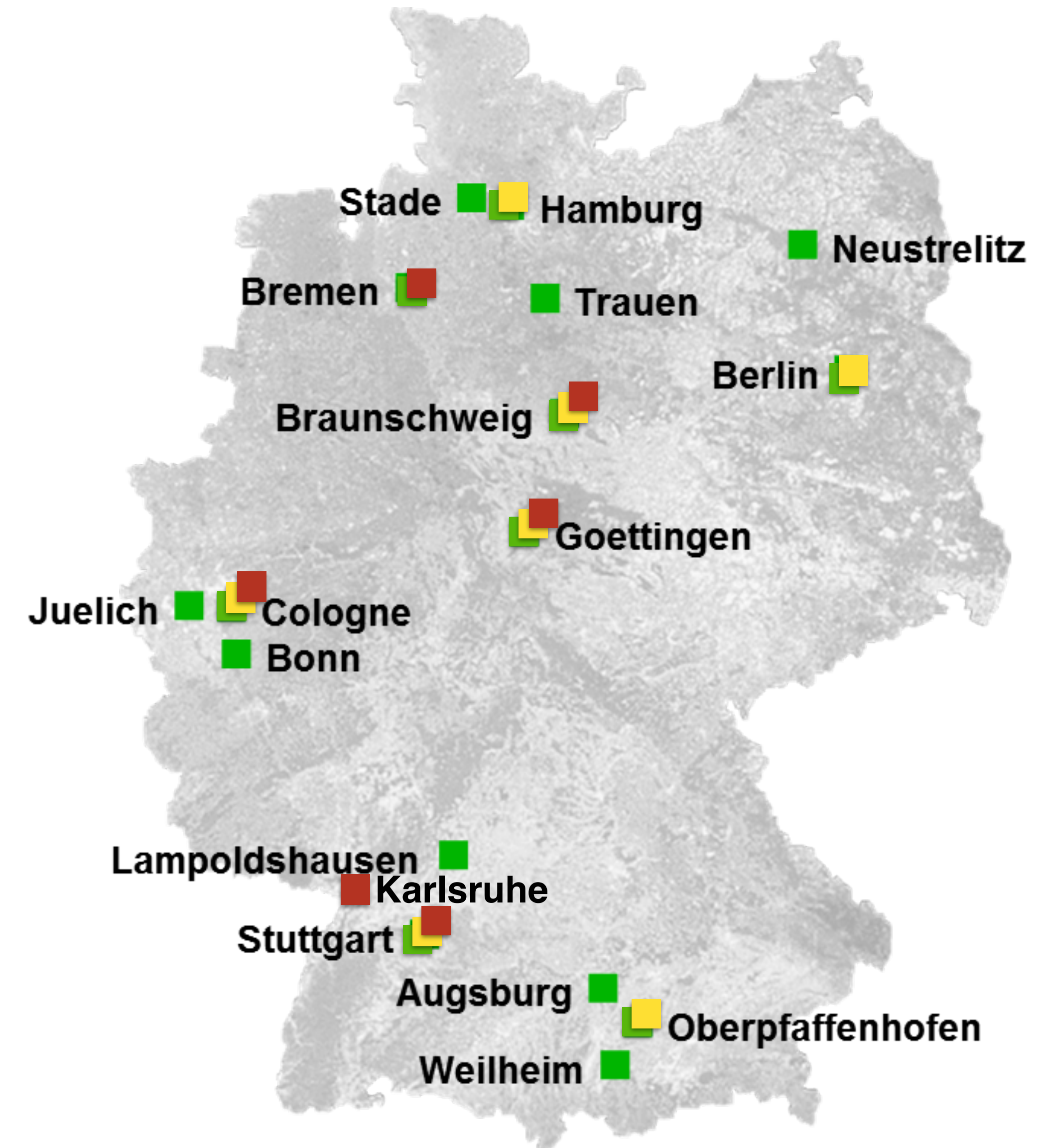
Knowledge for Tomorrow





# Many DLR Projects are Spatially Distributed and Involve Different Disciplines or Methods

- DLR—the German Aerospace Center—has institutes and facilities at 16 locations in Germany
  - Study 1 will discuss four projects: A, B, C, & D
  - Study 2 covers additional eight projects E to L
- projects A, B, and C are (consecutive and) distributed over eight locations
  - 9 institutes are involved in projects A and B
  - 11 institutes are involved in project C
- project D is distributed over five DLR locations and an external partner
  - 7 institutes involved in project D





# System Institutes at DLR

- Air Transportation Systems since 2007 in Hamburg (involved in projects **A—C** & **E—I** )
- Space Transportation Systems since 2007 in Bremen (involved in projects **D** & **J—L**)
- Transport Systems since 2001 in Brunswick





# Negotiating Demands and Technologies

Demands

Future Air Transportation

Technologies



Mobility



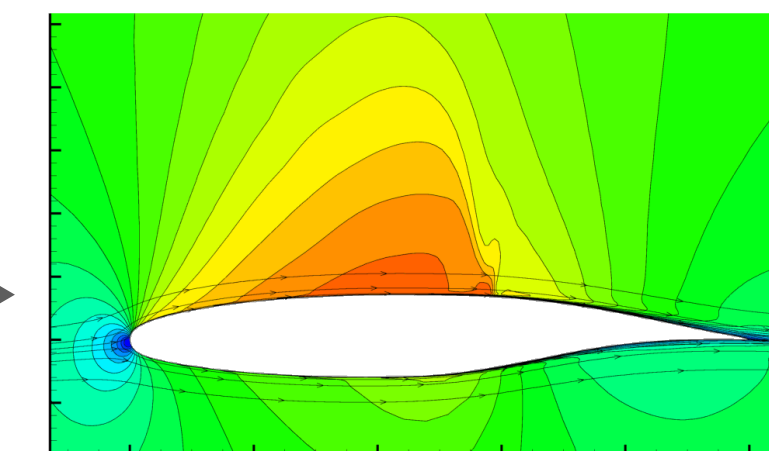
Environment



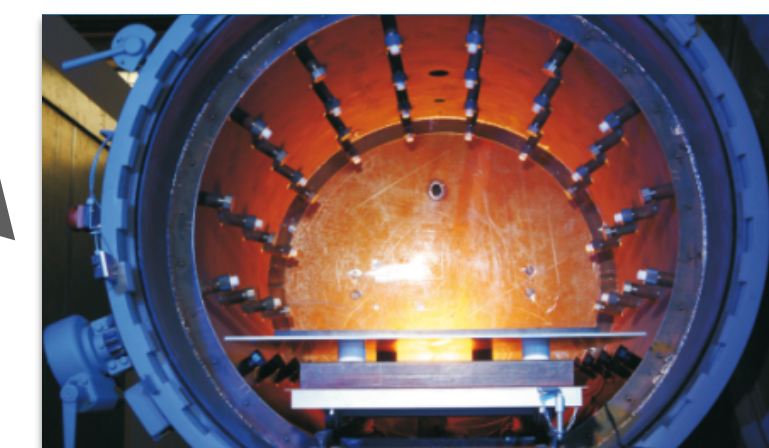
Economy



Propulsion



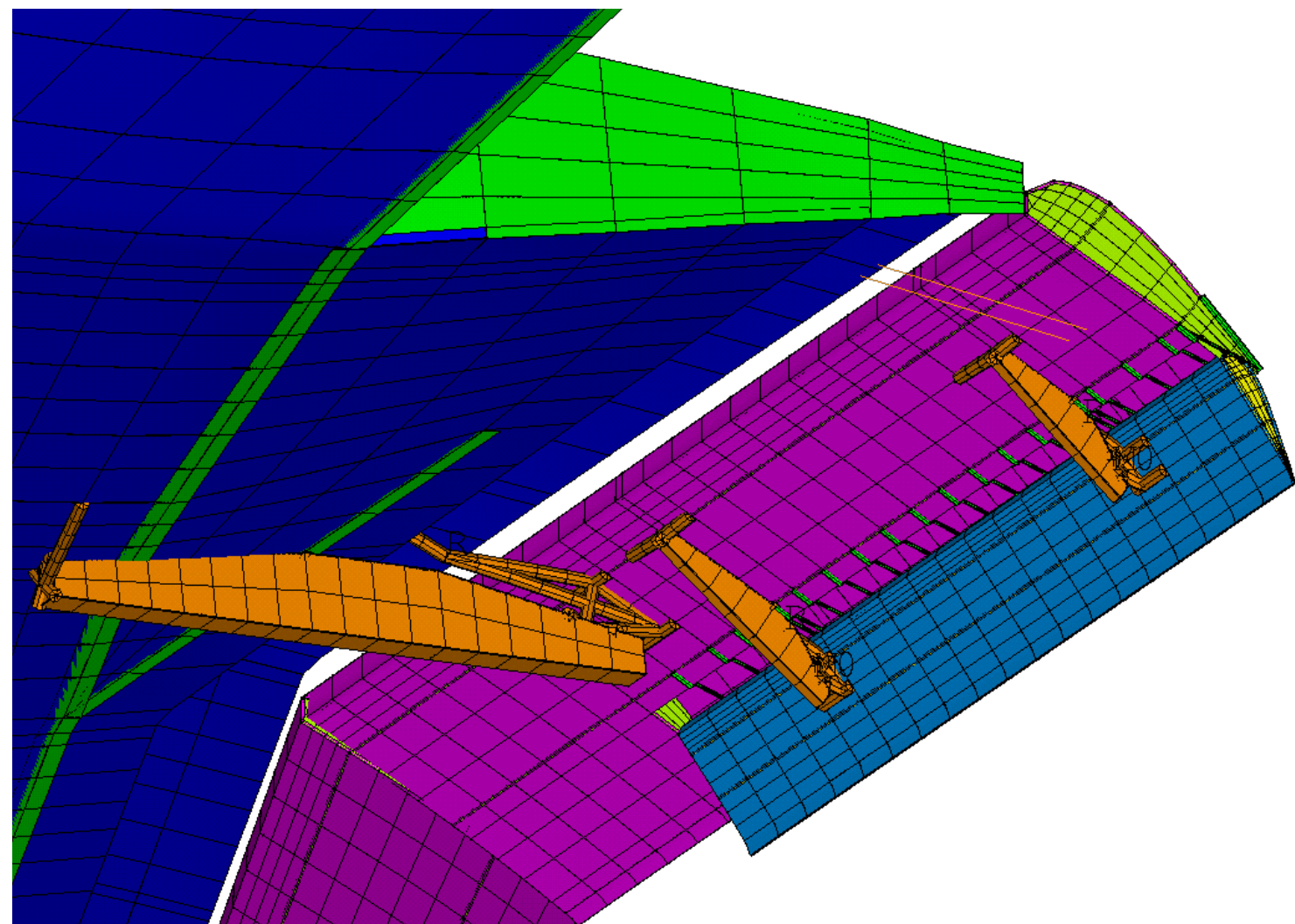
Dynamics



Structure



# Bridging Visions and Practical Solutions

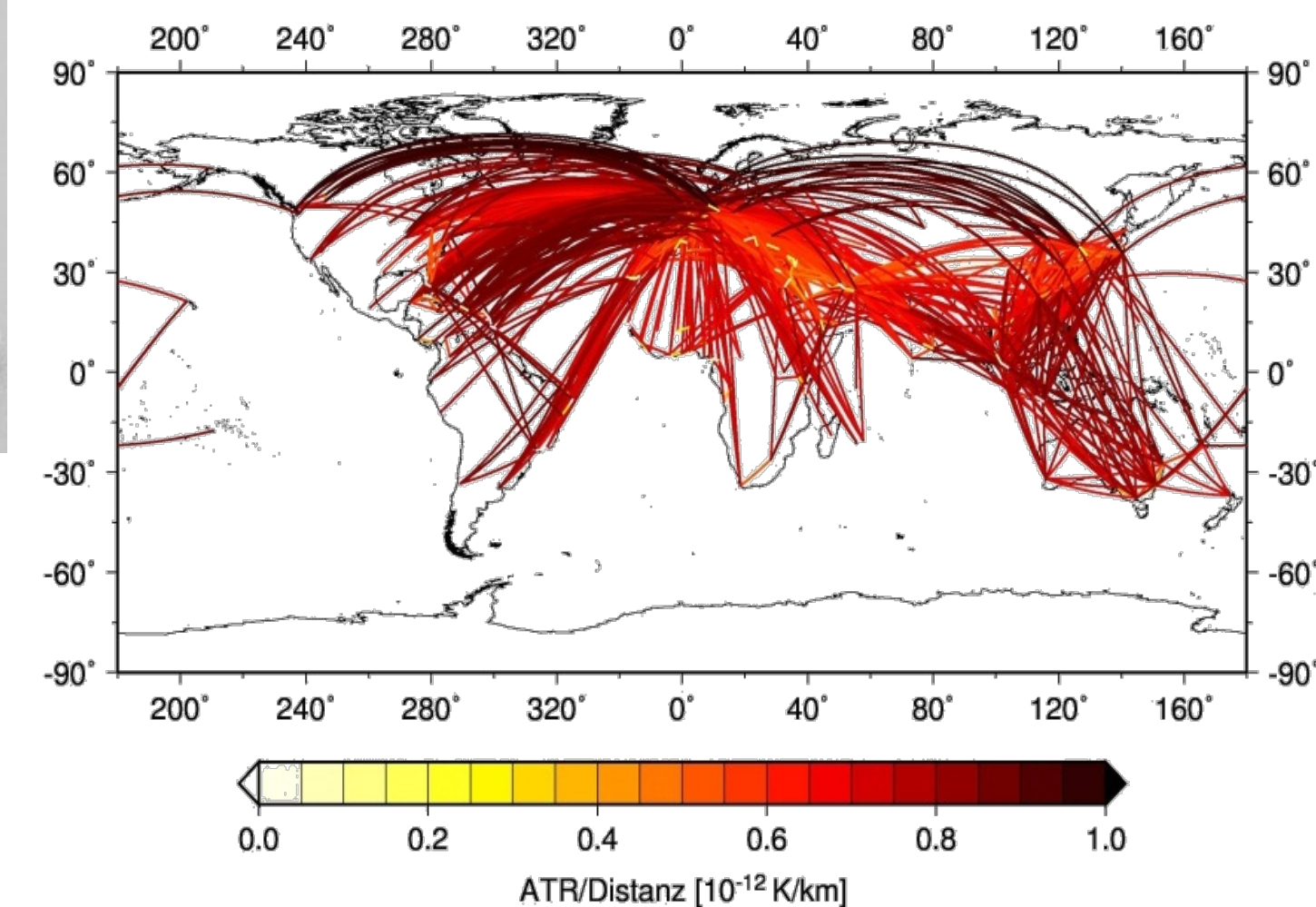


models with  
appropriate  
precision



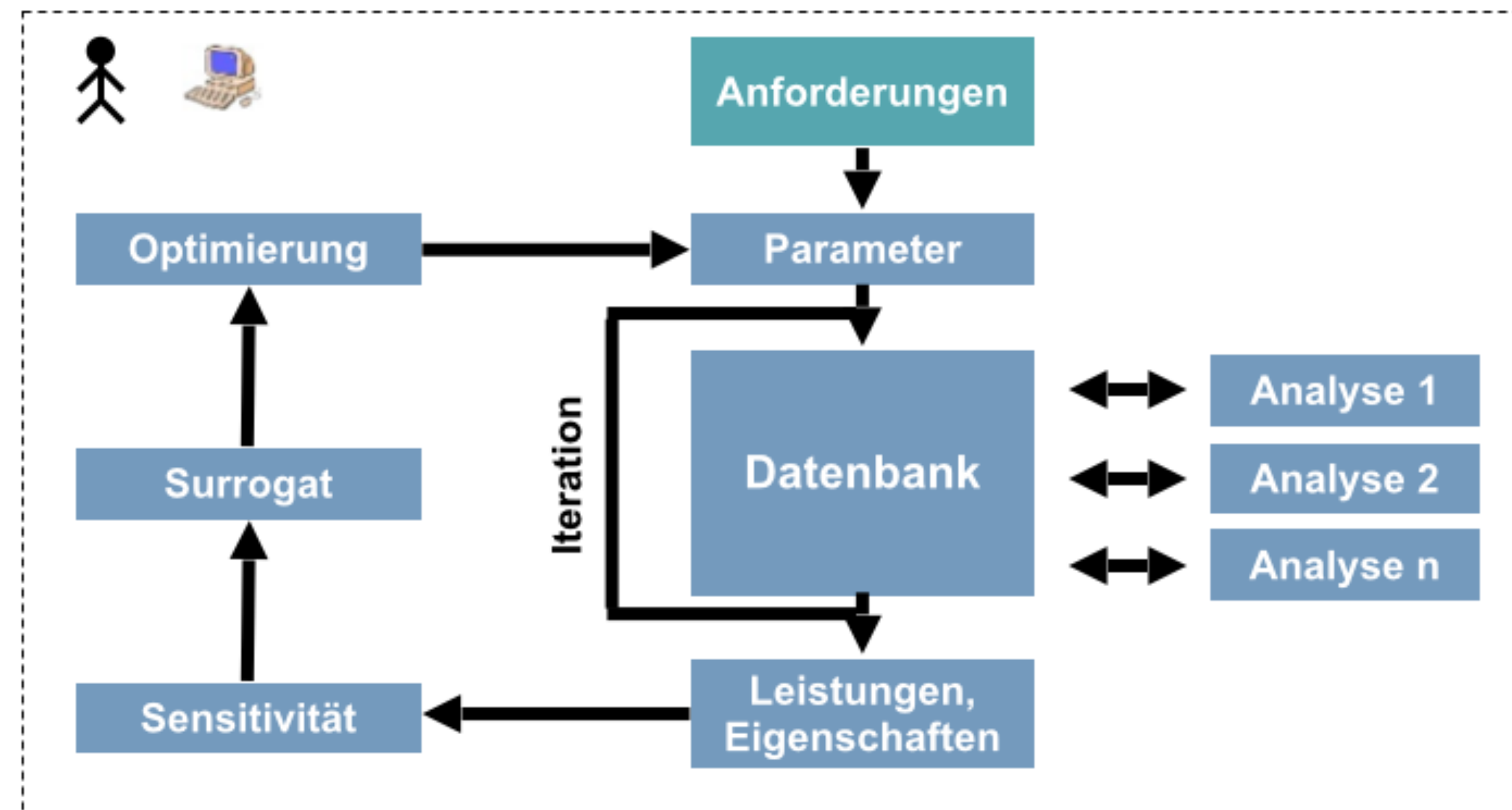
considering any  
relevant effects

taking the entire  
system into account





# 1<sup>st</sup> Generation MDO

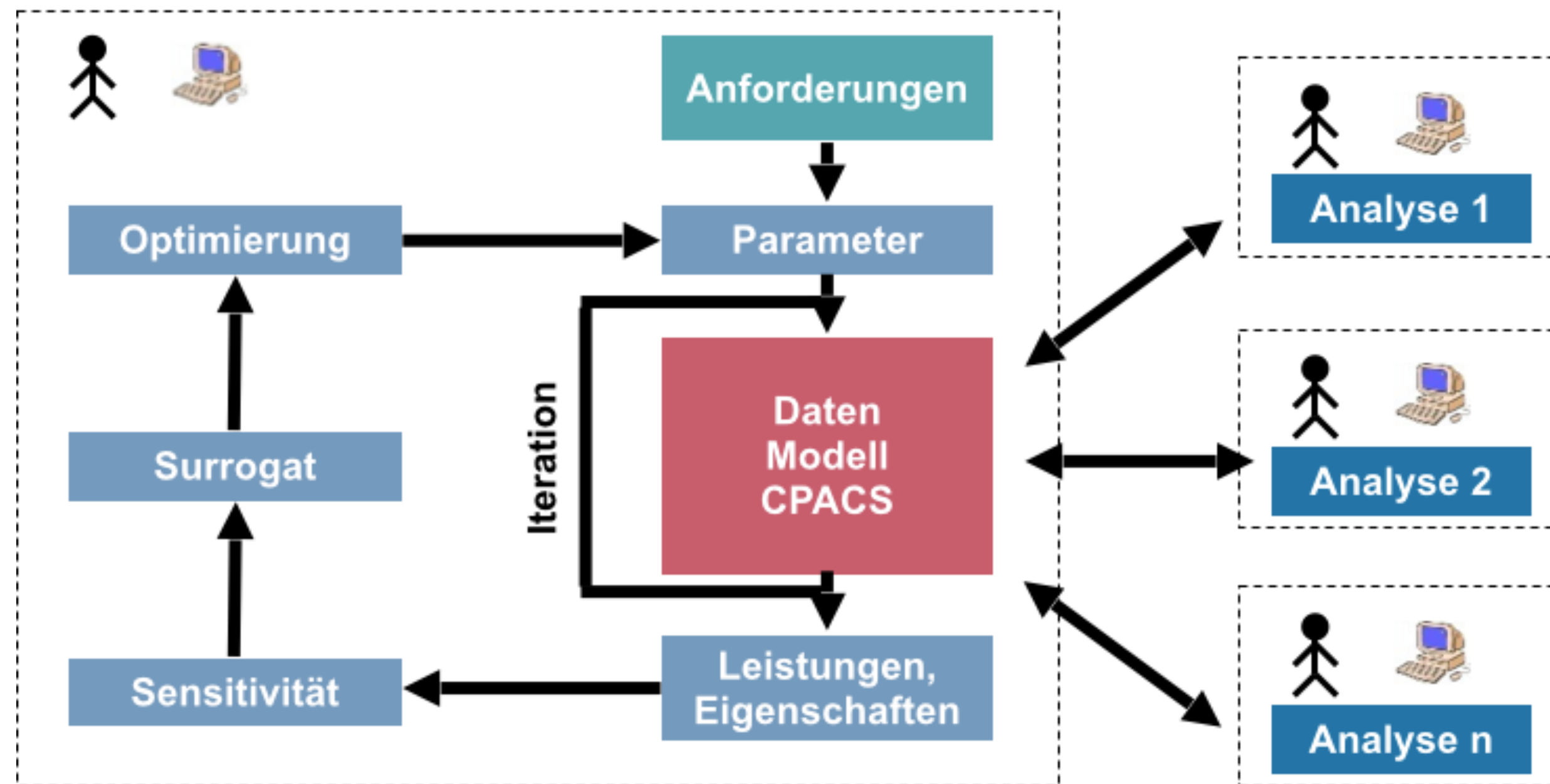


- analysis model that covers multiple disciplines
- typically run by one engineer on one computer
- results exchanged via a data base





# 2<sup>nd</sup> Generation MDO

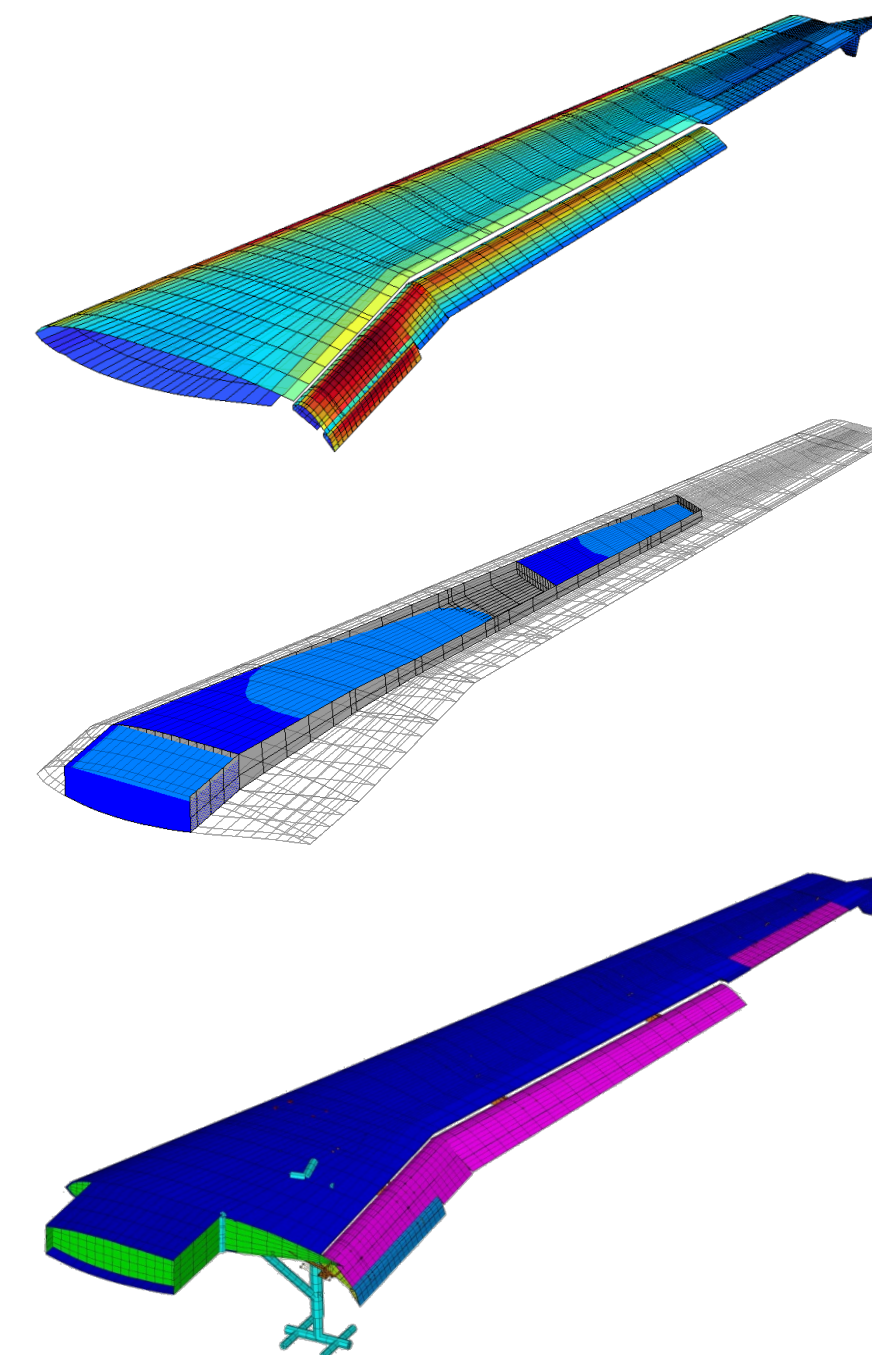
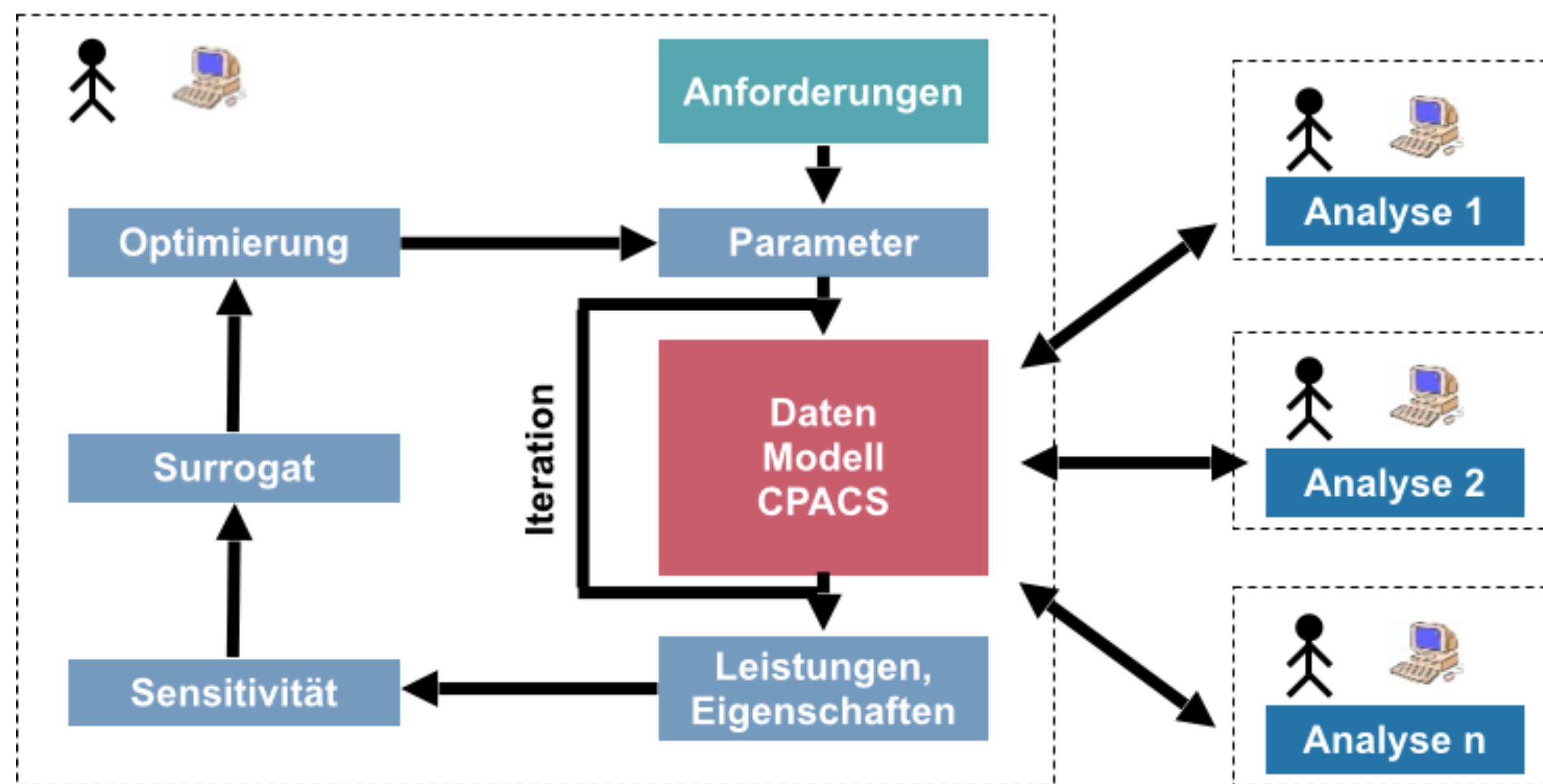


- distributed system on multiple computers
- typically, many people are involved
- data exchange in the same “language”
- **CPACS**: a common namespace
- read-and-write in shared files





# 3<sup>rd</sup> Generation — Participative — MDO



tools  $\neq$  skills

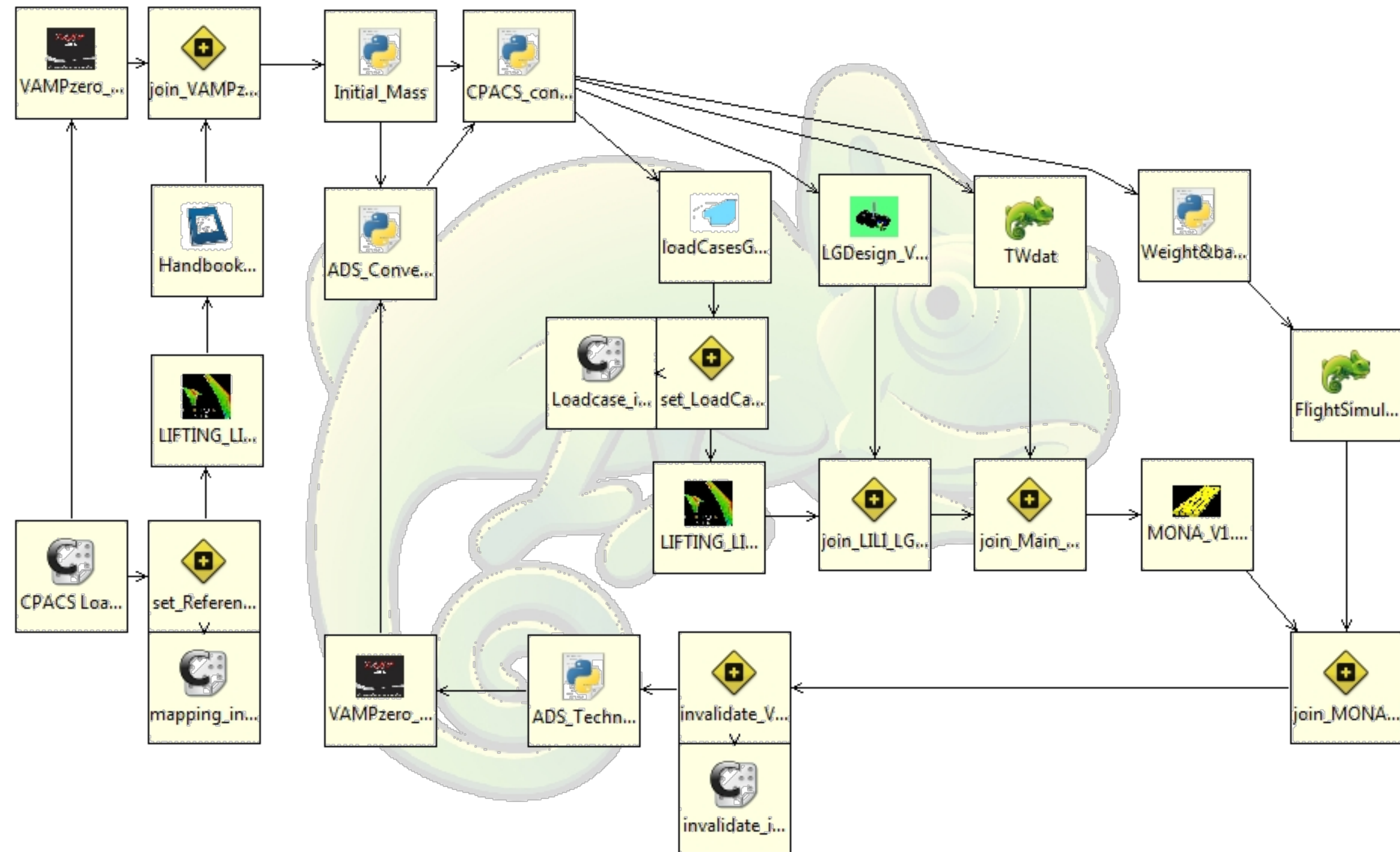
- challenge: harnessing the distributed skills
- considering the person in the loop: how to understand others' analyses results





# Project B: Thematically & Spatially Distributed

- example for an analysis chain whereby multiple institutes are involved—within a multidisciplinary aircraft design project
- projects of this kind will be regarded in the following





# Learning from Participative MDO Project Experiences

- simply go and ask people about their experiences as members of interdisciplinary projects
- “Study 1”—a pilot study to get to know how to ask
- “Study 2”—an extended study over a wide range of projects
- first insights, but not enough data yet for statistical analyses





# Semi-Structured Interviews [Study 1]



Knowledge for Tomorrow





# Standard Lessons Learned Questionnaire

➤ results, goals and rearrangements

➤ project course: tile-line, planning,

➤ collaboration: competencies, restructuring,  
relationship w/ customer

➤ perspectives: remaining activities, extensions,  
subsequent projects

➤ resume: what was good or bad, lessons learned



## Lessons Learned

PROJEKTTITEL  
PROJEKTNR

Kurzbezeichnung: PROJEKT

Institut / Abteilung: ORGEINH

Projektleiter: PROJEKTLLEITER


Datum: TTMMJJJJ

- Sachergebnisse
  1. Wurde das Projektziel vollständig erreicht?
  2. Ergab sich im Projektverlauf eine Änderung der Aufgabenstellung und/oder der Zielsetzung?
- Projektverlauf
  1. Wurde der Endtermin eingehalten?
  2. Traten Mängel in der Planung auf?
  3. Gab es mangelhafte Zulieferungen?
  4. Traten technologische Probleme auf?
- Analyse der Zusammenarbeit
  1. Gab es Kompetenzprobleme?
  2. Trat unvorhersehbare Fluktuation auf?
  3. Gab es Qualifikationsmängel?
  4. Gab es häufig Umorganisationen im Projektverlauf?
  5. Wie war die Zusammenarbeit zwischen Projektteam und Auftraggeber / Kunde?
  6. Wie war die Zusammenarbeit im Projektteam?
  7. Wie war die Zusammenarbeit zwischen den Mitarbeitern im Projektteam?
- Ausblick in die Zukunft
  1. Bleiben Restaktivitäten?
  2. Gibt es in Zukunft Ergänzungen oder Erweiterungen?
  3. Wird es Folgeprojekte geben?
- Resümee
  1. Was war gut?
  2. Was war schlecht?
  3. Was haben wir daraus gelernt?






# Questionnaire for Study 1



**Lessons Learned**



Ort: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_ 2015

Zeit: \_\_\_\_\_ Uhr

Interviewer: Evelina Dineva

Interviewer: \_\_\_\_\_

Intitut, Abteilung.: \_\_\_\_\_

Rolle im Projekt: \_\_\_\_\_

Beteiligung am Projekt: \_\_\_\_\_

## 1 Projektbeschreibung

1.1. Projekt Titel: \_\_\_\_\_

1.2. Kurzbezeichnung: \_\_\_\_\_ und Budget: \_\_\_\_\_ EUR.

1.3. Beginn–Ende: \_\_\_\_\_ – \_\_\_\_\_ / Dauer \_\_\_\_\_ des Projekts.

1.4. Beteiligte Institute:

Institute (jetzt Umbenannt)	Personen	Rollen

## 2 Projektverlauf

2.1. Gab es relevante Vor-Projekte?

2.2. Wurde der Endtermin (Meilenstein) eingehalten?

2.3. Traten Mängel in der Planung auf?

2.4. Gab es mangelhafte Zulieferungen?

2.5. Traten technologische Probleme auf?

2.6. Bleiben Restaktivitäten?

2.7. Gab es Änderungen der Aufgabenstellung oder der Zielsetzung vom Projekt?

2.8. Wurde das Projektziel vollständig erreicht?

2.9. Gibt es in Zukunft Ergänzungen oder Erweiterungen?

2.10. Wird es Folgeprojekte geben?

## 3 Analyse der Zusammenarbeit

3.1. Wie schätzen Sie die allgemeine Zufriedenheit dem bisherigen Verlauf des Projektes ein?

012

Kommentar:

3.2. Gab es Kompetenzprobleme?

3.3. Trat unvorhersehbare Fluktuation auf?

3.4. Gab es Qualifikationsmängel?

3.5. Gab es häufig Umorganisationen im Projektverlauf?

3.6. Wie war die Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber / Kunde?

3.7. Wie war die Zusammenarbeit zwischen den Mitarbeitern im Projektteam?

3.8. Welche Qualifikationen oder Erfahrungen haben gefehlt?

3.9. Welche Qualifikationen oder Erfahrungen fanden Sie besonders produktiv?

3.10. Bitte beschreiben Sie in eigenen Worten die Zusammenarbeit:

3.11. Wie interdisziplinär schätzen Sie das Projekt ein?

012

Kommentar:

3.12. Umseitig bitte eine Skizze der Vernetzung der Projekt-Partner erstellen?

## 4 Eigene Erfahrung

4.1. Wie Zufrieden sind Sie mit dem bisherigen Verlauf des Projektes?

012

Kommentar:

4.2. Welche Qualifikationen fehlen Ihnen, um sich besser einbringen zu können?

4.3. Gab es Situationen, wo Sie sich überqualifiziert/unterfordert gefühlt haben?

4.4. Durch welchen Qualifikationen oder Erfahrungen sind Sie besonders produktiv?

4.5. Wie haben Sie Ihre relevanten Qualifikationen oder Erfahrungen erworben?

(a) Universität:

(b) Weiterbildung:

(c) Mentoren:

(d) Durch das Machen „on the job“:

(e) Sonstiges:

## 5 Resümee

5.1. Was war gut?

5.2. Was war schlecht?

5.3. Was haben wir daraus gelernt?





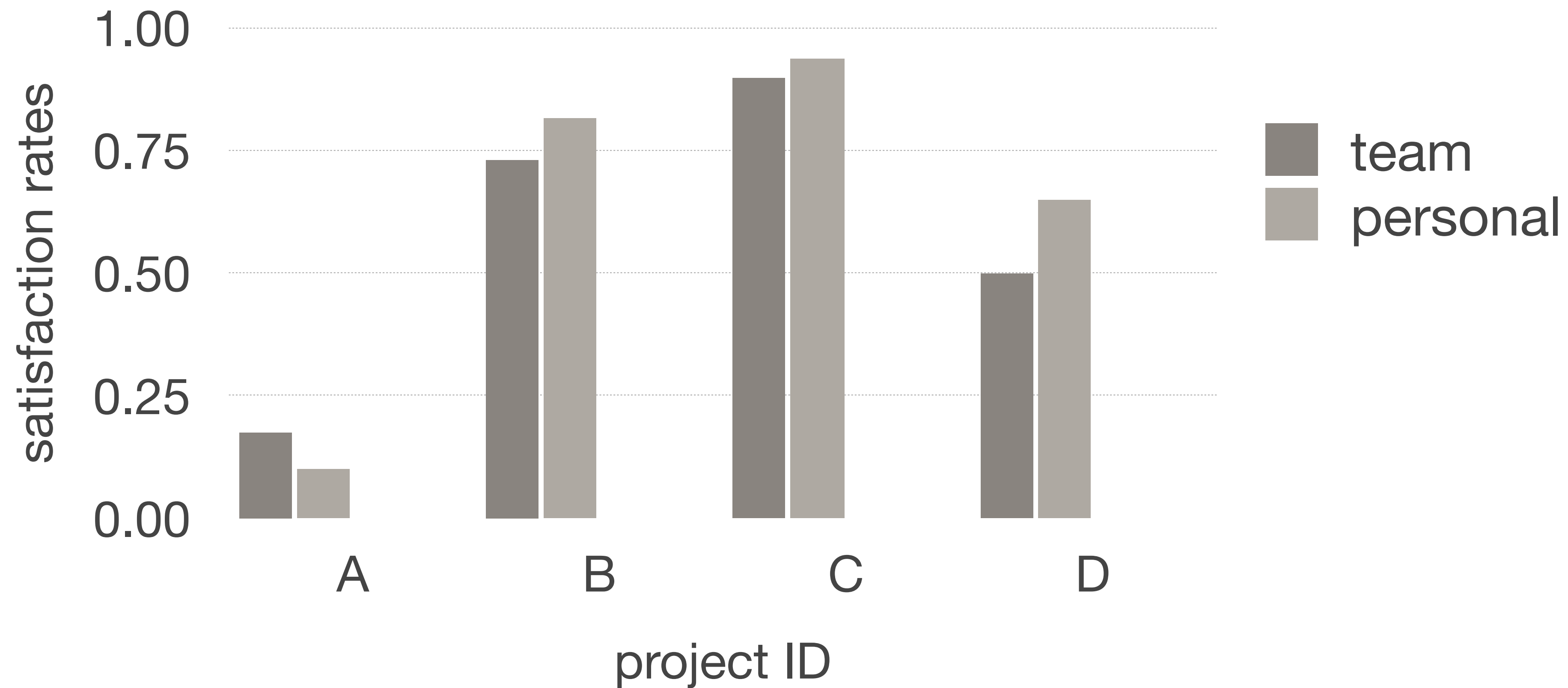
# Participants in Study 1

- six participants interviewed
- four project inquired: A, B, C, and D
  - A, B, and C were consecutive projects; D is disjunct from A to C
  - 8-9 partner institutes in projects A, B; 11 in C; and 6 in D
- participants were interviewed about any of the projects in which they had participated—depth of interview varied depending on time and project involvement





# Satisfaction with Projects A—D



Team and personal satisfaction rates are similar for all projects.





# Perceived Interdisciplinarity

- overall, people conceived the projects as highly interdisciplinary
- in fact, all projects are interdisciplinary within the engineering disciplines
  - projects A to C involve aircraft design disciplines and s/w engineering
  - project D has less disciplines, mostly physics, but was more diverse in the applied methods, e.g., physics experiments—this was perceived and mentioned as interdisciplinary





# Conclusions from Verbal Reports

1. Organizational structure matters: DLR, with almost 8000 employees, provides a large scope of engineering disciplines, and is therefore capable of supporting large-scale multidisciplinary projects.
2. Organizational practice plays a role: experts are often involved in several projects with different priorities—for project managers and institute directors, it is very difficult to coordinate, who of their crew is needed when in which project.
3. Leadership plays a critical role: both project success and high satisfaction of the team members correlate with the ability of the managers to provide intrinsic motivation. The respective managers report about their explicit efforts to align project goals with personal goals and with the goals of the involved departments.
4. Continuity and intensity of collaboration matter: With the frequency and duration of collaboration, the team members get to know one another and gain insight into each-others disciplines.





# On the Organizational Structure

1. DLR has the capacity to support large scale multidisciplinary projects which influences collaboration at several levels:
  - (a) DLR has the capacity to attract experts in a wide range of disciplines. This is reflected in the interviews by particularly high ratings of the institutes' disciplinary expertise from all participants.
  - (b) Some interviewees also mention that working on relevant large-scale tasks, which smaller organizations cannot offer, is an important source for their motivation.
  - (c) Given that DLR institutes are distributed over Germany, multidisciplinary teams typically are not co-located. As a consequence, communication among teams members is to a large extent not in person but by means of mail, phone, video, data, and file exchange.





# On Continuity and Intensity

4. With increased continuity and intensity, team-members
  - (a) gain knowledge of how one's own work influences others;
  - (b) learn to know whom to ask which questions;
  - (c) get used (to use) e-methods of communication (video, shared desktop, etc.);
  - (d) gain on appreciation of big-picture goals;
  - (e) develop—in sum—an understanding of the underlying multi-participatory process.





# Conclusions of Study 1

- stats the obvious, but limited interpretation possible due to small number of participants
- multi-disciplinary [in aircraft design\*] projects are often spatially distributed
  - simply put: project members are not co-located and sometimes don't know one another before the begin of the project
  - this might be true for the majority of large-scale interdisciplinary projects
  - continuity and intensity of collaboration seem to be promising factors in order to achieve trans-disciplinarily
  - the latter are influenced by leadership and by organizational practice or culture





# Conclusions of Study 1 [continued]

Study 1 served to improve the questionnaire for Study 2

- more scales for numerical evaluation
- introduction of tables to help trace interconnectivity or personal development
  - asking about sources of expertise and skills—what is learned during preceding degree acquisition and what is learned on the job
- explicitly asking about motivation
- to come: how multidisciplinary experiences influence one's perception of other disciplines





# Semi-Structured Interviews [Study 2]




Knowledge for Tomorrow






# Questionnaire for Study 2



**Lessons Learned**



INTEGRATED DESIGN LAB

Ort: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_ 2015

Zeit: \_\_\_\_\_ Uhr

Interviewer: \_\_\_\_\_

Institut, Abteilung.: \_\_\_\_\_

Interviewer: Evelina Dineva

## Projektbeschreibung

**Kurzbezeichnung:** \_\_\_\_\_

**Projekt Titel:** \_\_\_\_\_

**Förderer / Träger:** \_\_\_\_\_

**Budget:** \_\_\_\_\_ EUR / \_\_\_\_\_ Personen-Jahre (PJ).

**Beginn–Ende / Dauer:** \_\_\_\_\_ – \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

## Hintergrund des Intervieweten

**Dienstalter am DLR:** \_\_\_\_\_

**Letzter Abschluss:** \_\_\_\_\_ (Art) im Jahre \_\_\_\_\_

**Beteiligung am Projekt:** mit \_\_\_\_\_ Personen-Jahre (PJ)  
im Zeitraum / Dauer: \_\_\_\_\_ – \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

**Rolle im Projekt:** \_\_\_\_\_

## 1 Projektverlauf

- 1.1. Wurde der Endtermin eingehalten?
- 1.2. Wurden Meilensteine (a) verschoben, (b) aufgegeben oder (c) verändert?
- 1.3. Falls das Projektergebnis gefährdet wurde, woran lag das:

(a) Probleme mit Ressourcen

(b) ausbliebene Ergebnisse

(c) verspätete Ergebnisse

(d) unzureichende Ergebnisse

(e) Sonstiges \_\_\_\_\_
- 1.4. Haben sich einige der folgenden Ereignisse für den Projektverlauf ausgewirkt:

(a) neue Erkenntnisse

(b) Personelle Fluktuationen

(c) Schwerpunktverschiebung bei der Partner Instituten
- 1.5. Wie vollständig wurde das Projektziel erreicht?

0

$\frac{1}{2}$

1
- 1.6. Welche Restaktivitäten sind verblieben?
- 1.7. Gibt es (a) Ergänzungen, (b) Erweiterungen oder (c) Folge-Projekte?
- 1.8. Welche relevante Vor-Projekte gab es?
- 1.9. Wie goss ist die Übereinstimmung mit Vor-Projekten bei der

(a) Leitung

(b) Team-Zusammensetzung

0

$\frac{1}{2}$

1

## 2 Analyse der Zusammenarbeit

- 2.1. Wie schätzen Sie die Zufriedenheit mit dem Verlauf des Projektes ein?

(a) Ihre

(b) im Team-Durchschnitt

(c) Projekt Leitung

(d) Auftraggeber

$\frac{1}{2}$

1
- 2.2. Bitte beschreiben Sie die Merkmale der Zusammenarbeit von Ihrer Sicht aus:
- 2.3. Wie war die Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber / Kunde / Programmdirektion?
- 2.4. Wie war die Kommunikation zwischen den Mitarbeitern im Projektteam?
- 2.5. Wie relevant waren folgende Qualifikationen für die Zusammenarbeit im Team?

(a) fachliche Expertise

(b) Verständnis für andere Disziplinen

(c) kommunikativer Umgang

(d) Sonstiges: \_\_\_\_\_

$\frac{1}{2}$

1
- 2.6. Waren Kompetenzfelder unzureichend belegt und wie hat sich das ausgewirkt?
- 2.7. Waren Kompetenzfelder überschneidend belegt und wie hat sich das ausgewirkt?
- 2.8. Wie interdisziplinär schätzen Sie das Projekt ein?

$\frac{1}{2}$

1
- 2.9. Auf Seite 6 sind mehrer mögliche Vernetzungs-Modi von Projekt-Partnern skizziert.

(a) Welche Skizze entspricht der Vernetzung im gegebenen Projekt am ehesten?

(b) Bitte markieren Sie Ihre Rollen im Projekt?

(c) Bitte markieren Sie den Projektleiter / ggf. HAP-Leiter?
- 2.10. Bitte die Tabelle auf Seite 7 auszufüllen.
- 2.11. Wie hat sich die Arbeit anderer auf Ihre Arbeit ausgewirkt?
- 2.12. Wie hat sich ihre Arbeit auf die Arbeit Anderer ausgewirkt?





# Questionnaire for Study 2 [continued]

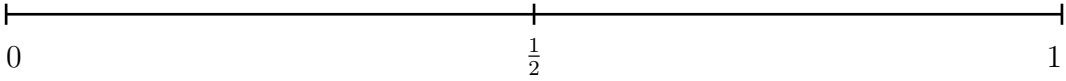
### 3 Eigene Erfahrung

- 3.1. Was ist Ihr Studienfach bzw. Ihre Fachausbildung?
- 3.2. In welchem Fachgebiet arbeiten Sie?
- 3.3. Wie weit stimmen Ihre Fachausbildung und Arbeitsgebiet überein [%]?
- 3.4. Haben Sie sich Wissen oder Qualifikationen gezielt für dieses Projekt angeeignet?
- 3.5. Gab es Situationen, wo Sie sich überqualifiziert oder unterfordert gefühlt haben?
- 3.6. Wie relevant waren folgende Qualifikationen oder Erfahrungen für Ihren Betrag?

- (a) fachliche Expertise

(c) kommunikativer Umgang
- (b) Verständnis für andere Disziplinen

(d) Sonstiges: \_\_\_\_\_



- 3.7. Wie haben Sie die relevanten Qualifikationen oder Erfahrungen erworben [√]?

Quelle / Qual. in Frage 3.6	(a)	(b)	(c)	(d)	(d2)
Universität:					
Weiterbildung:					
Mentoren:					
Durch das Machen „on the job“:					
Lehrtätigkeit:					
Sonstiges:					

- 3.8. Mit wievielen Projekt Partner haben sie in der Regel kommuniziert?

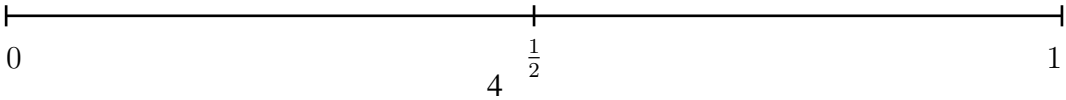
Frequenz / Distanz:	Local	+Standort	+DLR	+Extern
wöchentlich:				
+monatlich:				
+quartalsweise:				
+jährlich:				

- 3.9. Wie wichtig sind folgende Quellen für Ihre Motivation um am Projekt mitzuwirken?

- (a) Interesse an der Aufgabenstellung

(c) Sonstiges: \_\_\_\_\_
- (b) Auftrag vom Vorgesetzten

(d) Sonstiges: \_\_\_\_\_

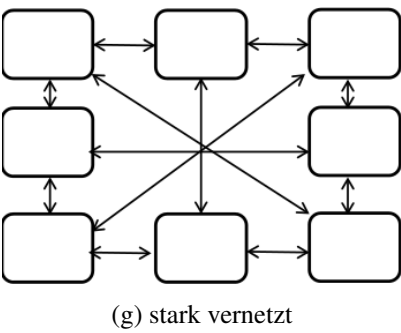
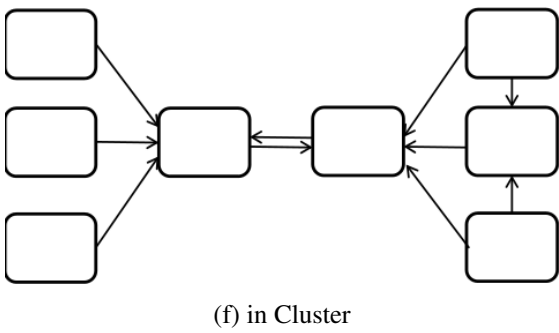
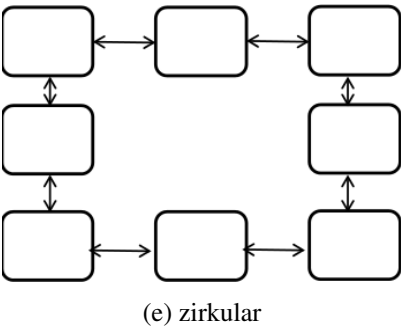
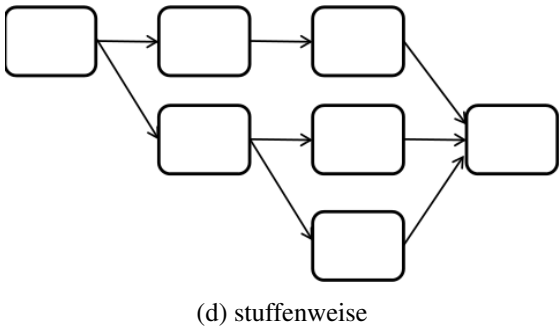
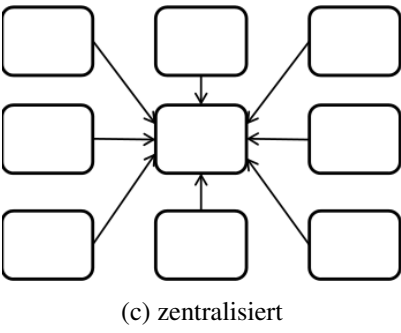
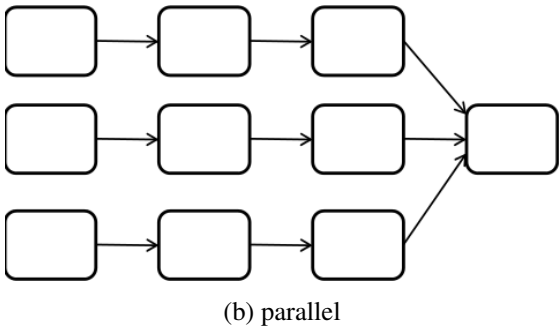
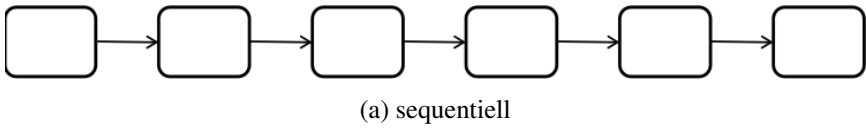


### 4 Resümee

- 4.1. Was war gut?

- 4.2. Was war nicht gut?

- 4.3. Was haben wir daraus gelernt?



Alternative Vernetzungs-Modi könnten ggf. auf eine Extra Seite skizzieren werden.

(h) sonstiges

Abbildung 1: Mögliche Vernetzungs-Modi im Projekt





# Questionnaire for Study 2 [continued]

Tabelle 1: Partner Institute und Abteilungen

7

Partner	im Verhältnis zum Gesamt-Projekt			im Verhältnis zu Ihren Aufgaben [%]					Austausch-Häufigkeit [#]		
Institut- Abteilung	Rollen L/H/M	Aufwand / Plan [%]	Projekt-Aufgaben [verbal]	gesamt / Projekt	Inputs des Partners		Outputs am Partner		pro		
					geplant	erhalten	geplant	geliefert	Woche	Monat	Jahr





# Participants in Study 2

**Table 1.** Distributions of interview data over projects and studies.

Project [ID]	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Sum
Interviews S1	2	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11
[total (dep)]	(2)	(5)	(3)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(10)
Interviews S2	0	2	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	15
[total (dep)]	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(1)	(0)	(0)	(0)	(0)	(1)
Interviews All	2	7	4	4	1	1	1	1	2	1	1	1	26
[total (dep)]	(2)	(5)	(3)	(0)	(0)	(0)	(0)	(1)	(0)	(0)	(0)	(0)	(11)

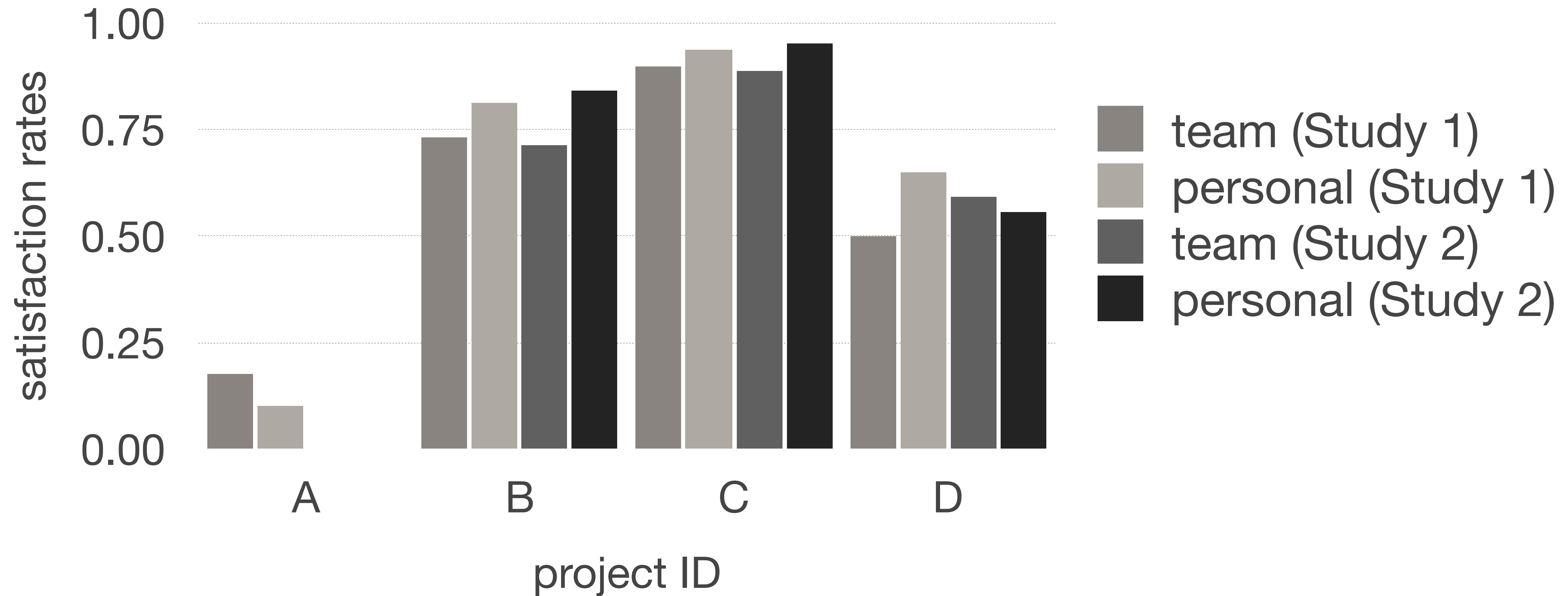
some notes:

- (i) “dep”—data points form initiating department (same as the interviewer);
- (ii) of the 15 new interviews in Study 2, five are on projects A—D and ten on other projects E—L, with low number of interviews points per project;
- (iii) projects A—D are also in focus of Study 2 with most interviews





# Satisfaction with Projects A—D



1. The satisfaction patterns are preserved from Study 1 to 2.
2. Team and personal satisfaction rates are similar for all projects.





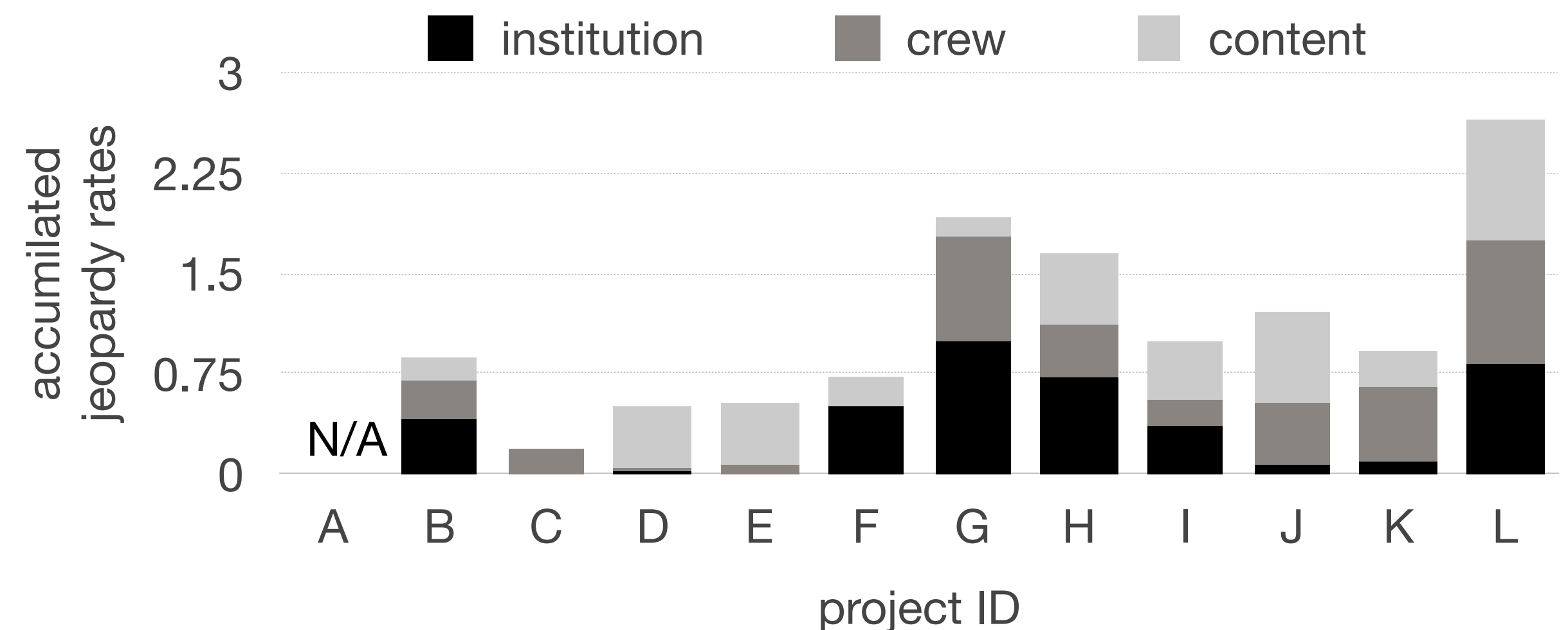
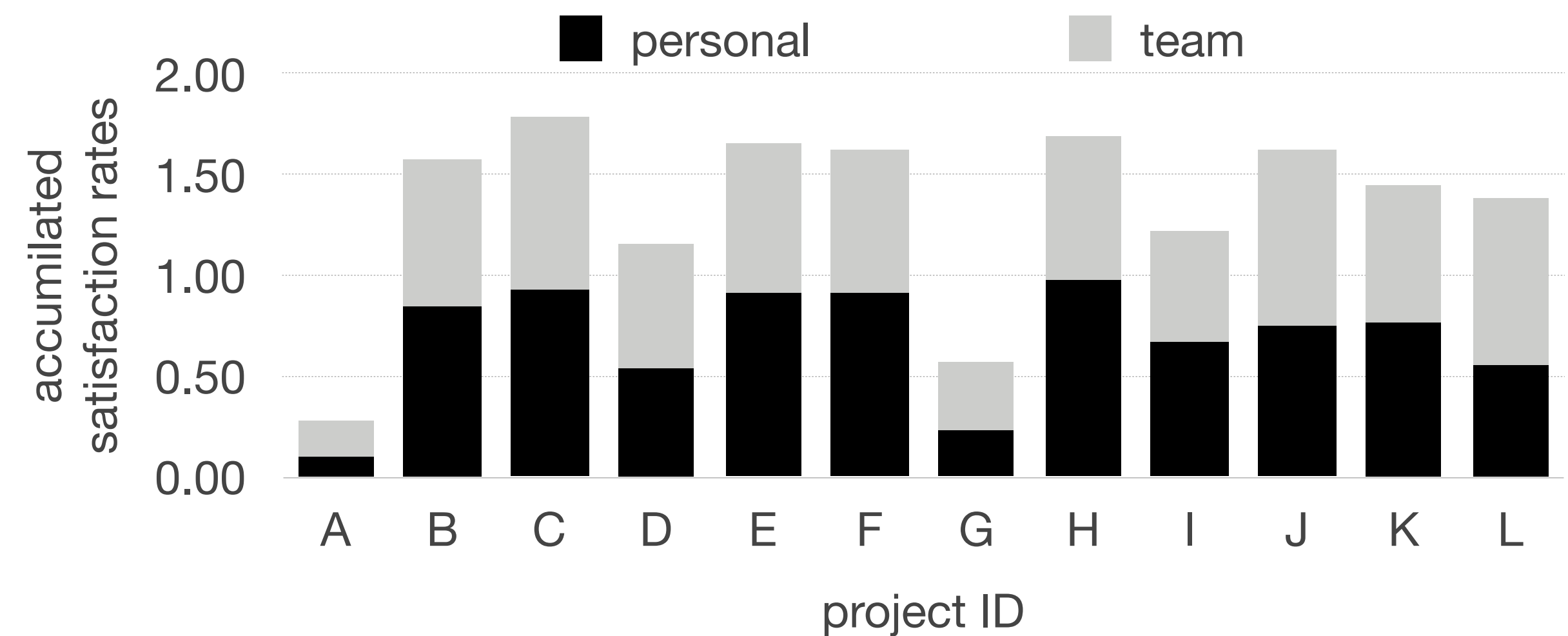
# Further Observations

➤ high satisfaction rates coincide with low jeopardy rates

➤ exception L: interpretation of “jeopardy” as “impact” (question needs to be clarified)

➤ lower stratification often due to “hunting for deliverables”—less so when people know one another

➤ project G: low dissatisfaction and jeopardizing of project goals are both due to removal of personal by one partner





# Lessons Learned [Outlook]



Knowledge for Tomorrow





# General Conclusions

Overall, Study 2 confirms the observations of Study 1 that all of the following matters:

- (a) organization structure: potential / scope / distribution
- (b) organization practice: negotiating of [human] expert resources
- (c) leadership: aligning of goals and providing opportunities for connectivity
- (d) amount of face-to-face collaboration is critical—people simply need to get to know one another (and the flow of participative work)





# Outlook

For future work, the scope of the studies needs to be intensified and more focussed

(a) shorter interviews or e-questionnaires for more data-points (i.e. number of interviews)

(b) repeated [longitudinal] data collection throughout a project => temporal map of

- (i) preliminary assumptions about and acquisition of novel disciplines

- (ii) interconnectivity between participants

(c) utilizing results for future projects and future expertise

- (i) lessons learned as part of organization-wide project wiki

- (ii) incorporating results into education of future engineers or scientists

